

# ANP 1506.

## Section 2a: Le système osseux.

### Objectif d'apprentissage:

1. Décrire et comparer la structure des tissus osseux et des cartilages
  2. Décrire l'anatomie macroscopique, microscopique et la composition chimique des os
  3. Décrire la croissance et le remaniement des os
- 

### 1.1. Décrire les cartilages

- **Forme semi-rigide de tissu conjonctif dont les propriétés se situent entre celles du tissu conjonctif dense et osseux.**
- Matrice amorphe (sans forme) plus au moins ferme ou élastique implantées dans les protéoglycanes de la substance fondamentale.
- Grande quantité de liquide interstitiel (**80% d'eau**) permet la reprise de la forme initiale après compression et la nutrition des cellules du cartilage.
- **Avasculaire** (cicatrisation lente) et **dépourvu d'innervations**.
- Cellules cartilagineuses :
  - **Chondroblastes**: cellules immatures; situé dans le cartilage en croissance. Elles produisent activement les fibres de collagènes et la substance fondamentale durant la croissance.
  - **Chondrocytes**: cellules adultes; maintiennent l'intégrité de la matrice cartilagineuse; présentes seules ou en groupe dans de petites cavités appelées **lacunes**.
- Membrane : Généralement le cartilage est entouré de tissu conjonctif dense irrégulier appelé **périchondre** qui apporte au cartilage les nutriments nécessaires.
- 3 types de cartilages :
  - **Hyalin** :
    - ☑ Le plus répandu des cartilages.
    - ☑ Les fibres de collagènes sont invisibles.

- ☑ Se localise dans les extrémités des os longs (cartilage articulaire), extrémités antérieures des côtes (cartilages costaux), nez, autour des voies respiratoires supérieures, squelette embryonnaire.

📌 **Elastique :**

- ☑ A une plus grande proportion de fibres élastiques.
- ☑ Se localise dans l'oreille externe (pavillon) et l'épiglotte.

📌 **Fibreux :**

- ☑ Contient d'épaisse couches de fibres de collagène.
- ☑ Se localise dans les disques intervertébraux, ménisques de l'articulation du genou, symphyse pubienne.

- Lequel des énoncés suivants est vrai à propos des cartilages ?

- a) La matrice des cartilages fibreux contient des fibres de collagène alors que celle des cartilages hyalins en est dépourvue.
- b) Les cartilages élastiques sont bien vascularisés alors que les cartilages hyalins sont avasculaire.
- c) Les chondrocytes des cartilages hyalins résident dans des lacunes alors que ceux des cartilages fibreux ne se retrouvent que dans le périchondre.
- d) Les cartilages articulaires sont des cartilages hyalins alors que les disques intervertébraux sont des cartilages fibreux.
- e) Tous ces énoncés sont faux.

- Lequel des énoncés suivants est faux à propos des cartilages?

- a) Tous les cartilages sont avasculaires
- b) Tous les cartilages contiennent des fibres de collagènes
- c) Les cellules matures des cartilages sont logées dans de petites cavités appelées lacunes
- d) Les cartilages se distinguent des autres tissus par leur très faible contenu en eau (environ 10%)
- e) Le périchondre est une membrane qui recouvre la surface de la plupart des cartilages.

- Laquelle des structures suivantes est faite de cartilage élastique?

- a) Épiglotte
- b) Cartilage costal
- c) Cartilage du septum nasal
- d) Symphyse pubienne
- e) Disque intervertébral

## 1.2 Décrire le tissu osseux

- Forme rigide de tissu de soutien
- **Richement vascularisé et innervé**
- Généralement entouré de tissu conjonctif dense irrégulier appelé **périoste**.
- Fonctions: support, protection, **stockage de graisses (moelle osseuse jaune), synthèse des cellules sanguines (moelle osseuse rouge), réservoir de  $\text{Ca}^{2+}$  et de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (phosphate)**
- Matrice : Partie organique et inorganique
- Cellules :
  - **Ostéogène**: Cellules souches dans la couche fibreuse du périoste et dans l'endoste.
  - **Ostéoblastes**: Secrète la matrice et responsable de la croissance osseuse.
  - **Ostéocytes**: Ostéoblaste mûre logée dans les lacunes et qui entretient la matrice. Senseur.
  - **Ostéoclastes**: Réabsorbe la matière osseuse. Concentrée dans l'endoste
  - **Cellule bordantes**: Entretiennent la matrice osseuse.

## 2.1 Décrire l'anatomie macroscopique des os

### 2.1.1 Classification des os

Les os sont classés selon leur **forme** et non leur taille:

- **Os longs**: Plus longs que larges. Constitués d'un corps et des deux extrémités. Ex.: Tous les os des membres, sauf ceux du poignet, de la cheville et la rotule.
- **Os courts**: Plus ou moins cubiques. Ex.: la plupart de os du poignet et de la cheville.
  - **\*\*\*Os sésamoïdes**: type particulier des os courts, enchâssé dans le tendon de la rotule
- **Os plats**: Minces, souvent légèrement recourbés. Ex.: Sternum, omoplates, côtes, la plupart des os du crâne.
- **Os irréguliers**: De forme complexe. Ex.: Vertèbres, os coxaux, os suturaux (entre les os du crâne).

### 2.1.2 Structures des os

**Deux types d'os: Os compact et os spongieux, couvèrent par du périoste en dehors et de l'endoste en dedans.**

- Structure des os longs :
  - **Diaphyse**: Forme l'axe longitudinal de l'os. Cylindre d'os compact qui entoure le canal médullaire. Chez l'adulte, le canal médullaire contient la moelle osseuse jaune.
  - **Épiphyes**: Extrémités des os longs —> os spongieux entouré d'os compact.

- 📍 **Cartilage articulaire:** Couche de cartilage hyalin qui recouvre l'épiphyse au point d'union entre deux os (articulation); agit comme un coussin.
- 📍 **Ligne épiphysaire:** Elle remplace la plaque épiphysaire chez l'adulte. Région entre la diaphyse et l'épiphyse.

La plaque épiphysaire se trouve dans les os en croissance. Elle correspond à la couche de cartilage hyalin qui permet à la diaphyse de croître en longueur.

• Structure des os courts, plats et irréguliers :

- 📍 Deux lames plus ou moins parallèles d'os compact recouvrant une couche interne d'os spongieux (appelée **diploé**)
- 📍 La moelle osseuse rouge (tissu hématopoïétique) est située dans les os spongieux. Retrouvée principalement dans:
  - ✅ **Diploé des os plats** (constituent environ 25% de la production hématopoïétique totale)
  - ✅ **Os irréguliers (os des hanches et vertèbres: environ 60%)**
  - ✅ **Épiphyes des humérus et fémurs (4 à 8 %)**

Chez l'adulte, à quel endroit est-ce que la production hématopoïétique est la plus importante :

A. Dans les ostéons des os plats et des os longs

B. Dans les épiphyses des os longs

C. Dans les canaux médullaires des os longs

D. Dans les os compacts des os irréguliers

E. Dans les os spongieux des os plats et des os irréguliers

## 2.2 Décrire l'anatomie microscopique des os

**Deux types de tissu osseux: compact et spongieux**

- **Os compact:** Représente 80 % de la masse totale des os. **Son unité structurale est l'Ostéon** qui comprend 5 parties:
  - 📍 **Canal central (canal de Havers):** contient des petits vaisseaux sanguins et des fibres nerveuses.

- **Canal perforant (Canal de Volkmann)** : perpendiculaire à l'axe de l'Ostéon
- **Lamelles**: tubes concentriques de matrice osseuse, orientés parallèlement à l'axe longitudinal de l'os.
- **Lacunes**: entre les lamelles; contiennent les ostéocytes.
- **Canalicules**: relient les lacunes entre elles et avec le canal central; fournissent des voies de passage pour les nutriments et l'oxygène.
- **Os spongieux**: Appelé aussi **os trabéculaire**. **Pas d'ostéon**
  - Constitué de **trabécules** (travées), lesquelles sont composées de lamelles irrégulières, de lacunes (et leurs ostéocytes) et de canalicules (**mais sans canal central**). **Les espaces entre les trabécules sont remplis de moelle osseuse rouge.**

- Le canal central d'un ostéon contient

- a) De l'endoste et du périoste
- b) Des lamelles et des trabécules
- c) Des lacunes et des canalicules
- d) De l'os compact et de l'os spongieux
- e) Des vaisseaux sanguins et des fibres nerveuses

- Les ostéons des os compact et les trabécules des os spongieux présentent des similarités mais aussi des différences. Lequel des éléments suivants est retrouvé uniquement dans les ostéons :

- a) Canalicules
- b) Lacunes
- c) Canal central
- d) Lamelles
- e) Ostéocytes

### 2.3 Décrire la composition chimique des os

L'os adulte formé essentiellement en sels minéraux (partie inorganique) cristallisés sur une charpente de fibres collagènes (partie organique), dans une proportion d'environ 2:1

- Matrice osseuse (extracellulaire) formée de :

- **Partie organique (= matériau ostéoïde)**: Composée de fibres collagènes (80%), protéines globulaires (15%) et de substance fondamentale (protéo- glycanes et glycoprotéines; 5%); toutes sécrétées par les ostéoblastes.

- **Partie inorganique**: Composée en grande partie de phosphate de calcium sous la forme de cristaux **d'hydroxyapatite**. Contient aussi des sels de Mg, Na, et carbonate.

La combinaison des matériaux organiques et inorganiques confère aux os leur haut degré de force, de tension et de torsion.

- Membranes :

- **Périoste** : Épaisse membrane qui recouvre toute la surface de l'os à l'exception des cartilages articulaires.

- Fixée à l'os par d'épais faisceaux de collagène (fibres de Sharpey).

- Constituée de deux couches: **Couche fibreuse** (couche externe) et **Couche ostéogénique** (couche interne qui contient principalement des ostéoblastes et des ostéoclastes).

- **Endoste** : Fine membrane de tissu conjonctif qui tapisse les surfaces osseuses internes (trabécules des os spongieux et canaux des os compact). Contient principalement des ostéoblastes et des ostéoclastes.

- Lequel des énoncés suivants est vrai

a) Les os ont deux fois plus de matière organique que de matière inorganique

b) Les ostéocytes produisent la partie organique alors que les ostéoblastes produisent la partie inorganique

c) La partie organique des os est composée principalement des protéoglycanes

d) La partie inorganique des os est principalement composée de cristaux d'hydroxyapatite qui sont des sels de phosphate de calcium

e) Tout est vrai

### 3.1 Décrire la croissance des os

#### 3.1.1 Formation des os avant la naissance

Avant la 8<sup>ème</sup> semaine, le squelette est composé de cartilage hyalin et de membrane fibreuse. C'est l'**ostéogenèse**. Après la 8<sup>ème</sup> semaine de la gestation, survient l'ossification, elle se produit de deux façons :

**Ossification intramembraneuse** au niveau de la membrane fibreuse et donne naissance à l'os intramembraneux.

Et

**Ossification endochondrale** au niveau du cartilage hyalin et donne naissance à l'os endochondral ou os cartilagineux.

- Ossification intramembraneuse : **pour les os du crâne, les clavicules et une partie de la mandibule**. C'est le remplacement direct du tissu conjonctif fibreux par de l'os.
- Ossification endochondrale : **entraîne la formation de presque tout les os au-dessous du crâne excepte les clavicules**. C'est le remplacement de cartilage hyalin, qui sert de modèle pour le développement de l'os.

Dans les os longs, la formation commence au centre du cartilage, appelé point (ou centre) d'ossification primaire et continue en 5 étapes (avec d'autres points d'ossifications). Dans les os courts, seulement le point d'ossification primaire est formé. La plupart des os irréguliers sont formés à partir de plusieurs points d'ossification distincts.

- Durant le développement foetal, tous les os plats du crâne se forment selon un processus appelé :

- a) Ossification primaire
- b) Ossification ostéoïde
- c) Ossification endochondrale
- d) Ossification intramembraneuse
- e) Ossification interstitielle

### 3.1.2 Formation des os après la naissance

Se fait de deux façons :

**Croissance en longueur:** Uniquement les os longs qui s'allongent par croissance interstitielle des plaques épiphysaires.

Et

**Croissance en épaisseur:** Tous les os s'épaississent par croissance par apposition.

- Croissance en longueur : Elle est déterminé par la présence du cartilage épiphysaire. La croissance interstitielle se produit à la plaque épiphysaire, qui est composée de cinq zones successives:
    - 👤 **Zone de cartilage quiescent (au repos):** Couche du côté de l'épiphyse. Chondrocytes relativement inactifs.
    - 👤 **Zone de croissance:** Chondrocytes empilés en colonnes se divisent rapidement, éloignant ainsi l'épiphyse de la diaphyse → Allongement de l'os. Les chondrocytes sont aussi activement engagés dans la synthèse de cartilage.
    - 👤 **Zone de cartilage hypertrophié:** Les chondrocytes les plus âgés s'hypertrophient. Les lacunes s'érodent et s'agrandissent
    - 👤 **Zone de cartilage en calcification:** La matrice du cartilage se calcifie. Les chondrocytes dans la matrice calcifiée meurent.
    - 👤 **Zone de cartilage en ossification (ostéogénique):** Des ostéoblastes provenant de la diaphyse envahissent la zone et déposent de la matrice osseuse qui sera remaniée par la suite.
  - Croissance en épaisseur : Les ostéoblastes de la couche ostéogénique du périoste sécrètent la matrice osseuse sur la surface externe de l'os. À mesure que la matrice osseuse se dépose sur la face externe de l'os, le tissu osseux qui tapisse le canal médullaire est détruit (**résorption osseuse**) par les ostéoclastes de l'endoste. Ce processus, qui permet au canal médullaire d'élargir en même temps que l'os croît en épaisseur, fait partie du « **remaniement osseux** ».
- Lequel des énoncés suivants est vrai à propos des zones de la plaque épiphysaires :
- a) La zone de croissance est la zone la plus près de la diaphyse
  - b) La zone de cartilage en calcification contient des chondrocytes morts
  - c) La zone de cartilage hypertrophiée contient de jeunes chondroblastes qui se transforment en chondrocytes
  - d) La zone de cartilage en ossification contient des chondrocytes activement engagés dans la synthèse de cartilage
  - e) La zone de cartilage quiescent est la zone où les ostéoblastes déposent la matrice osseuse

### 3.1.3 Formation des os à la fin de l'adolescence

#### Soudure des cartilages épiphysaires:

- L'**oestrogène** stimule la croissance osseuse puis l'ossification de la plaque épiphysaires plus tôt. (Voilà pourquoi les filles sont plus grandes que les garçons lorsqu'ils sont enfants). Le **testostérone** aussi mais à long terme. (Ainsi les garçons finissent par rattraper les filles mais aussi les dépasser en taille).
- La soudure du cartilage de conjugaison se fait vers 18 ans chez la femme et 21 ans chez l'homme.

### 3.2 Décrire le remaniement osseux

= Renouvellement continu des os. Se produit même lorsque les os ont atteint leur taille et leur forme adultes. Comprend deux processus opposés:

\***Résorption osseuse**: destruction de la matrice osseuse par les ostéoclastes

\***Dépôt osseux**: ajout de matrice osseuse par les ostéoblastes

Régulation du remaniement osseux: soumis sous l'influence génétique, de la régulation hormonale et de la régulation par sollicitation mécanique.

#### • Régulation hormonale

- 👤 **Parathormone (PTH)** RÔLE MAJEUR. S'active lorsque le niveau de  $Ca^{2+}$  diminue dans le corps et augmente donc le transfert de  $Ca^{2+}$  des os au sang en :  $\uparrow$ résorption osseuse ( $\downarrow$ dépôt osseux), Stimule la réabsorption de  $Ca^{2+}$  par les reins et la production de vitamine D active.
- 👤 **Calcitonine** RÔLE MINEUR. S'active lorsque le niveau de  $Ca^{2+}$  augmente et diminue dans le transfert de  $Ca^{2+}$  des os au sang en  $\downarrow$  résorption osseuse.
- 👤 **Hormone de croissance (GH)** stimule les croissances interstitielle et par apposition. (donc stimule les chondrocytes)
- 👤 **Hormone thyroïdienne et insuline** essentielles pour la croissance des tissus, y compris les os
- 👤 **Hormones sexuelles (Oestrogène et testostérone)** Accélèrent l'ossification du cartilage épiphysaire  $\rightarrow$  Responsables de l'arrêt de la croissance.

👤 **Vitamine D** Stimule l'absorption de  $\text{Ca}^{2+}$  et de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  par les intestins et leur réabsorption par les reins.

👤 **Vitamine C** essentielle pour la synthèse de collagène.

- Comment expliquer les différences entre:

A. Les effets d'une hypersécrétion de la GH durant l'enfance (gigantisme) et durant l'âge adulte (acromégalie)?

—> Chez l'enfant elle crée le gigantisme car le GH cible les cartilages épiphysaires (zone de croissance) qui sont en pleine activité. Chez l'adulte elle crée l'acromégalie car elle vient après la soudure des cartilages épiphysaires ce qui hypertrophie et épaissie les régions osseuses encore sensibles à la GH notamment les os des mains, des pieds et du visage.

B. Le nanisme «proportionné» (ex.: nanisme hypophysaire) et le nanisme «disproportionné» (ex.: nanisme achondroplasique)?

—> Le nanisme chez l'enfant est dû au déficit de la GH et cause un ralentissement de la croissance des os longs. Le nanisme proportionné ... Le nanisme disproportionné ...

C. L'âge moyen de la soudure des cartilages épiphysaires chez la femme (environ 18 ans) et chez l'homme (environ 21 ans)?

—> Parce qu'il y a une différence entre les hormones sexuelles. Pour les femmes, l'oestrogène commence la stimulation de la croissance osseuse plus rapidement car elle est très active, l'ossification est rapide jusqu'à 18 ans. Par contre pour les hommes, la testostérone va venir par la suite mais va continuer à long terme jusqu'à 21 ans.

- Quelles hormones parmi les suivantes entraînent la soudure des cartilages épiphysaires?

a) Calcitonine

b) Testostérone

c) Parathormone

d) Hormone thyroïdienne

e) Hormone de croissance

- La calcitonine :
  - a) cause une inhibition de l'activité des ostéoclastes
  - b) est libérée en réponse à une diminution du taux sanguin de calcium
  - c) est libérée par les glandes parathyroïdes
  - d) est libérée durant l'ostéomalacie
  - e) Toutes ces réponses sont bonnes
  
- Une augmentation du taux sanguin de 1,25-(OH)<sub>2</sub>-D<sub>3</sub> (vitamine D active) causerait :
  - a) une hypocalcémie
  - b) une diminution du taux sanguin de PTH
  - c) une diminution de la réabsorption de calcium par les reins
  - d) une diminution de l'absorption de calcium par les intestins
  - e) Toutes ces réponses sont bonnes
  
- Laquelle des situations suivantes serait la plus susceptible de causer une taille anormalement grande chez une femme ?
  - a) Une production trop élevée d'œstrogènes à l'âge adulte
  - b) Une production trop faible d'œstrogènes à la puberté
  - c) Une production trop faible d'œstrogènes à l'âge adulte
  - d) Une production trop élevée d'hormone de croissance à l'âge adulte
  - e) Une production trop faible d'hormone de croissance à l'âge adulte

- Lequel des énoncés suivant est faux à propos de la croissance et du remaniement osseux

a) Le remaniement osseux ne se produit qu'après l'arrêt de la croissance, cad à l'âge adulte.

b) Le remaniement osseux permet plusieurs fonctions dont les deux suivantes : permettre la réparations des os et contrôler le  $\text{Ca}^{2+}$  sanguin

c) Les ostéoblastes sont responsables du dépôt osseux alors que les ostéoclastes causent la résorption osseuse

d) La vitamine D joue un rôle essentiel dans la croissance des os parce qu'elle stimule l'absorption de  $\text{Ca}^{2+}$  et de phosphate par les intestins, deux éléments essentiels pour la matrice osseuse

e) La sollicitation mécanique est l'un des mécanismes de contrôle du remaniement osseux

- Une augmentation de PTH dans le sang causerait

a) Diminution de  $\text{Ca}^{2+}$  sanguin

b) Augmentation de  $\text{Ca}^{2+}$  dans les os

c) Augmentation de vitamine D active

d) A et B sont vrais

e) B et C sont vrais

• Régulation par sollicitation mécanique :

Loi de Wolff: « La croissance ou le remaniement des os se produisent en réaction aux sollicitations qu'ils subissent.»

#### 4. Maladie des os

• Ostéoporose : est associée à des pertes proportionnelles de matériau ostéoïde et de sels minéraux (partie organique  $\approx$  partie inorganique)

• Rachitisme (enfant) et ostéomalacie (adulte) : sont principalement causés par une perte de la partie inorganique.